Production d'un indice de dispersion pour le capelan (*Mallotus villosus* L.) de l'estuaire et du nord du golfe du Saint-Laurent par le krigeage d'indicatrice

F. Grégoire, H. Bourdages et J. Roy

Direction Régionale des Sciences
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Maurice-Lamontagne
C. P. 1000, 850 Route de la Mer
Mont-Joli (Québec)
G5H 3Z4

2002

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2418

Pêches Et Océans | Fisheries and Oceans

Canada

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports techniques contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution aux connaissances actuelles, mais qui ne sont pas normalement appropriés pour la publication dans un journal scientifique. Les rapports techniques sont destinés essentiellement à un public international et ils sont distribués à cet échelon. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports techniques peuvent être cités comme des publications intégrales. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports techniques sont indexés dans la base de données *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Les numéros 1 à 456 de cette série ont été publiés à titre de rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457 à 714 sont parus à titre de rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715 à 924 ont été publiés à titre de rapports techniques du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 925.

Les rapports techniques sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement d'origine dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Technical reports contain scientific and technical information that contribute to existing knowledge but that are not normally appropriate for primary literature. Technical reports are directed primarily toward a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on subject matter, and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Technical reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is indexed in the data base *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Numbers 1-456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457-714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715-924 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was changed with report number 925.

Technical reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

102-07019/

Rapport technique canadien

des sciences halieutiques et aquatiques 2418

2002

PRODUCTION D'UN INDICE DE DISPERSION POUR LE CAPELAN (*Mallotus villosus* L.) DE L'ESTUAIRE ET DU NORD DU GOLFE DU SAINT-LAURENT PAR LE KRIGEAGE D'INDICATRICE

François Grégoire, Hugo Bourdages et Joannie Roy[1]

Direction Régionale des Sciences
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Maurice-Lamontagne
C. P. 1000, 850 Route de la Mer
Mont-Joli (Québec)
G5H 3Z4

[1]Adresse actuelle : Université de Sherbrooke, Faculté des Sciences, Département de biologie, 2500 boul. de l'Université, Sherbrooke (Québec), J1K 2R1

© Ministre des Travaux publics et Services gouvernementaux Canada 2002
No de cat. Fs 97-6/2418F ISSN 0706-6570

On devra citer la publication comme suit :

Grégoire, F., H. Bourdages et J. Roy. 2002. Production d'un indice de dispersion pour le capelan (*Mallotus villosus* L.) de l'estuaire et du nord du golfe du Saint-Laurent par le krigeage d'indicatrice. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2418: vi + 21 p.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX iv

LISTE DES FIGURES iv

LISTE DES ANNEXES v

RÉSUMÉ / ABSTRACT vi

INTRODUCTION 1

MATÉRIEL ET MÉTHODES 1

Description des données 1

Variogrammes et krigeage d'indicatrice 2

Indice de dispersion 3

RÉSULTATS 3

DISCUSSION 4

REMERCIEMENTS 4

RÉFÉRENCES 5

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Statistiques descriptives associées aux captures (kg/trait) de capelan des relevés réalisés dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2000 6

Tableau 2. Paramètres des variogrammes isotropiques annuels des relevés réalisés dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2000 7

Tableau 3. Coefficients de corrélation de Pearson calculés entre les pourcentages d'occurrence et les indices de dispersion associés à différents seuils de probabilité minimale 8

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Captures annuelles de capelan (kg/trait) pour les relevés réalisés dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2000 9

Figure 2. Histogrammes annuels de la distribution des captures (kg/trait) de capelan pour les relevés réalisés dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2000 11

Figure 3. Présence ou absence de capelan dans les traits des relevés réalisés dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2000 13

Figure 4. Variogrammes isotropiques annuels de la fonction indicatrice de présence/absence du capelan capturé lors des relevés réalisés dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2000 (la variance des données est représentée par la ligne horizontale pointillée) 15

Figure 5. Contours des surfaces de probabilités (%) de la présence du capelan pour les relevés réalisés dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2000 (l'isobathe de 100 m est aussi indiqué) 17

Figure 6. Surfaces (km^2) annuelles associées à des seuils de probabilité minimale de présence du capelan de 50 % et 95 % et pourcentages d'occurrence ajustés pour la surface des strates 19

Figure 7. Proportions annuelles de la zone d'étude pour différents seuils de probabilité minimale d'observer du capelan 20

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Position des points utilisés pour le krigeage d'indicatrice (l'isobathe de 100 m est aussi indiqué) 21

RÉSUMÉ

Grégoire, F., H. Bourdages et J. Roy. 2002. Production d'un indice de dispersion pour le capelan (*Mallotus villosus* L.) de l'estuaire et du nord du golfe du Saint-Laurent par le krigeage d'indicatrice. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2418: vi + 21 p.

Un indice mesurant la dispersion du capelan (*Mallotus villosus* L.) dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent a été produit à l'aide du krigeage d'indicatrice. Cet indice a été calculé à partir des données de captures (kg/trait) de capelan des relevés de recherche aux poissons de fond et crevette (*Pandalus borealis*) du NGCC *Alfred Needler* qui ont été réalisés entre 1990 et 2000. Ces données ont été transformées en une fonction d'indicatrice binaire de présence et absence de capelan. La structure spatiale de cette fonction a été définie à l'aide de variogrammes et les valeurs krigées correspondantes ont permis de calculer les probabilités minimales de trouver du capelan à une position donnée. L'indice de dispersion proposé a été défini comme étant la surface totale échantillonnée associée à une probabilité de présence minimale de 50 %. Depuis 1990, cet indice présente une tendance à la hausse tout comme celui des pourcentages d'occurrence qui représente la mesure de dispersion actuellement utilisée pour le capelan. Cependant, les cartes obtenues par le krigeage d'indicatrice ont permis de mieux délimiter la zone de dispersion du capelan puisque le calcul de cette dernière est basé sur la structure spatiale des captures.

ABSTRACT

Grégoire, F., H. Bourdages and J. Roy. 2002. Production d'un indice de dispersion pour le capelan (*Mallotus villosus* L.) de l'estuaire et du nord du golfe du Saint-Laurent par le krigeage d'indicatrice. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2418: vi + 21 p.

An index measuring the dispersion of capelin (*Mallotus villosus* L.) in the Estuary and Gulf of St. Lawrence was produced with indicator kriging. This index was calculated using the capelin catch data (kg/set) from the CCGV *Alfred Needler* groundfish and shrimp (*Pandalus borealis*) research surveys that took place between 1990 and 2000. Data were transformed into a binary indicator function of capelin presence and absence. The spatial structure of this function was defined with variograms and the corresponding kriged values were used to calculate the minimal probabilities of finding capelin in a specific position. The proposed dispersion index was defined as the total sampled surface associated with a minimal presence probability of 50%. Since 1990, this index has shown an increasing trend as has that of the percentage of occurrence index, which is the current dispersion measurement used to capelin. However, a better delimitation of the dispersion zone was obtained with the indicator kriging because the calculation of this zone was based on the spatial structure of the catches.

INTRODUCTION

Le capelan (*Mallotus villosus* L.) est un petit poisson pélagique de la famille des Osmeridae. Sa distribution est circumpolaire et sur la côte est de l'Amérique du Nord, il se retrouve principalement dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent et le long des côtes de Terre-Neuve et du Labrador (Jangaard 1974). Le capelan est la principale proie de plusieurs espèces de poissons, d'oiseaux et de mammifères marins. En fait, plusieurs centaines de milliers de tonnes de capelan seraient consommées à chaque année par différents prédateurs (BIOREX 1988). Le capelan est aussi exploité commercialement dans le golfe du Saint-Laurent; les principaux sites de pêche se retrouvant sur la côte ouest de Terre-Neuve. Depuis le développement en 1977 d'un marché japonais pour la femelle œuvée, en moyenne, près de 4 500 t de capelan ont été capturées annuellement à cet endroit (Beaulieu 2001).

À ce jour, il n'existe aucun relevé de recherche pour évaluer spécifiquement l'abondance du capelan de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Cependant, les prises accessoires de capelan réalisées dans le cadre d'un relevé aux poissons de fond et à la crevette (*Pandalus borealis*) sont couramment utilisées pour calculer un indice d'abondance relatif et une mesure de dispersion (Grégoire *et al.* 1999). L'indice d'abondance est le poids moyen de la capture de capelan par trait. Ces poids et leurs variances sont calculés à l'aide du logiciel STRAP (Smith et Somerton 1981) selon le modèle d'un plan d'échantillonnage aléatoire stratifié. L'indice de dispersion, proposé par Lilly (1997) pour le capelan de la côte est de Terre-Neuve, est le pourcentage d'occurrence du capelan, soit : le rapport entre le nombre de stations où du capelan a été capturé et le nombre total de stations échantillonnées. Une correction est aussi appliquée à ces pourcentages pour tenir compte de la superficie des strates.

Les poissons comme tous les êtres vivants ne sont pas distribués au hasard (Legendre et Fortin 1989) mais en rapport avec la structure spatiale dans laquelle ils évoluent. C'est le cas en particulier des poissons pélagiques comme le capelan qui se retrouve en bancs et dont la distribution est hétérogène. Dans de telles circonstances, les estimations d'abondance provenant d'un relevé systématique ou aléatoire stratifié sont imprécises. Cependant, une meilleure précision peut être atteinte par l'utilisation de la géostatistique (Rivoirard *et al.* 2000). En effet, le présent rapport propose de produire un indice de dispersion à partir d'une approche géostatistique, le krigeage d'indicatrice (Isaaks et Srivastava 1989; Deutsch et Journel 1998). Cette approche est appliquée dans le cas particulier du capelan de l'estuaire et du nord du golfe du Saint-Laurent.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Description des données

Les données utilisées pour le calcul de l'indice de dispersion sont les prises (kg/trait) de capelan réalisées lors des relevés annuels (1990-2000) au chalut de fond du NGCC *Alfred Needler*. La maille du chalut (URI) utilisé lors de ces relevés est de 44 mm et celle de la doublure, de 19 mm.

Le chalut est aussi équipé de différentes sondes Scanmar® permettant de mesurer sa position et son ouverture.

Les prises de capelan ont été uniformisées pour des traits couvrant une surface de 0.01987 km^2 et décrites à l'aide de statistiques descriptives, d'histogrammes et de cartes de distribution. Les relevés sont réalisés annuellement à la fin de l'été dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent.

Variogrammes et krigeage d'indicatrice

Les prises (kg/trait) uniformisées de capelan, $Z_{(x)}$, ont été transformées en une fonction indicatrice binaire de la façon suivante :

$$I_{(j)} = \begin{cases} 0 \text{ si } Z_{(x)} \leq Z_{(c)} \\ 1 \text{ si } Z_{(x)} > Z_{(c)} \end{cases}$$

où $Z_{(c)}$ représente un niveau de coupure dans la distribution des valeurs de $Z_{(x)}$. Le niveau qui a été choisi est 0 de façon à ce que les valeurs 0 et 1 de la variable $I_{(j)}$ indiquent respectivement une absence ou une présence du capelan. Le variogramme utilisé pour décrire la structure spatiale de cet indicateur se décrit comme suit :

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{k=1}^{N(h)} \left[I(j_k) - I(j_k + h) \right]^2$$

où :

h = un vecteur de distance ayant une valeur et une direction
$N(h)$ = le nombre total de paires de stations utilisées dans le calcul de $\gamma(h)$

et :

$I(j_k)$ et $I(j_k + h)$, les valeurs de l'indicateur aux différentes stations d'échantillonnage dont les positions ont comme coordonnées (j_k) et $(j_k + h)$.

Le calcul de la semivariance $\gamma(h)$ pour différentes valeurs de h de même que l'ajustement par les moindres carrés d'un modèle pour chaque variogramme annuel ont été réalisés à l'aide du logiciel de géostatistique GS$^+$ (Robertson 1998). Ce logiciel a aussi permis de vérifier la présence d'anisotropie par le calcul du variogramme pour toutes les orientations possibles.

Le krigeage ponctuel ordinaire a été réalisé à partir des paramètres caractérisant chacun des variogrammes annuels. Le nombre de points à inclure dans le voisinage de recherche a été de 16 et aucune restriction n'a été appliquée sur le rayon de recherche. La zone d'étude a été couverte d'une grille composée d'un peu plus de 5 000 points (Annexe 1). La surface que représente chaque maille de cette grille est de 25 km^2 et le krigeage a été réalisé au centre de chacune.

Indice de dispersion

Puisque l'indicateur est binaire et que le seuil de coupure est 0, les valeurs krigées représentent différentes probabilités d'observer du capelan. La surface totale associée à différentes probabilités a été calculée à partir du nombre de points correspondants. Ces surfaces ont été représentées par des cartes de distribution. L'indice de dispersion a été défini comme étant la surface totale associée à un seuil de probabilité minimal de présence du capelan de 50 %. Il a été comparé à des seuils de probabilités plus ou moins élevés et aux pourcentages d'occurrence, ajustés pour la surface des strates du plan d'échantillonnage, qui ont déjà été calculés à partir des mêmes données (Beaulieu 2001). Des corrélations ont aussi été calculées entre l'indice de dispersion pour différents seuils de présence minimale de capelan et l'indice d'occurrence.

RÉSULTATS

Lors des relevés au chalut de fond, les captures annuelles moyennes de capelan par trait ont été peu élevées, soit moins de 6 kg, sauf en 1996 où cette valeur atteignait 13.7 kg (Tableau 1). Les plus importantes captures par trait ont varié entre 53.1 kg en 1995 et 1 013.3 kg en 1996. Les fréquences de taille de ces prises sont caractérisées par la présence de deux modes principaux situés vers 100 mm et 140 mm respectivement (Grégoire *et al.* 1997, 1999; Beaulieu 2001). Les distributions spatiales des captures ont été caractérisées par un grand nombre de stations ayant peu ou pas de capelan et par la présence de certains regroupements de stations où des captures élevées ont été réalisées (Figure 1). En fait, la très grande majorité des stations sont caractérisées par des captures inférieures ou égales à 1 kg (Figure 2). La plupart des stations où aucun capelan n'a été capturé se retrouvent dans la partie sud-est de la zone d'échantillonnage (Figure 3).

La plupart des variogrammes ont été modélisés à l'aide du modèle sphérique (Tableau 2). Un modèle exponentiel a cependant été appliqué en 1995, 1997 et 1999. Les variogrammes correspondants sont présentés à la Figure 4 et aucune anisotropie systématique n'a été observée au cours des ans.

Les surfaces associées aux probabilités élevées (80-100 %) de retrouver du capelan sont observées principalement à l'ouest et au nord de la zone d'échantillonnage (Figure 5). Au cours des ans, ces surfaces se sont étendues dans l'est et le sud-est de cette zone. Entre 1990 et 2000, une tendance à la hausse a été observée pour la surface totale associée à un seuil de probabilité minimale de présence du capelan de 50 % (Figure 6). Une tendance identique est observée dans le cas des pourcentages d'occurrence. Par contre, des différences importantes sont notées lorsque l'indice utilisé correspond à des seuils de probabilités plus élevés. Dans le cas d'une probabilité minimale de 95 %, des différences sont observées avant 1995, et en particulier en 1991 et 1994 (Figure 6). Une corrélation significative ($p<0.01$) de 0.745 a été calculée entre le seuil de présence minimale de 50% et l'indice des pourcentages d'occurrence (Tableau 3). La corrélation diminue avec une augmentation du seuil minimal, et pour des seuils supérieurs à 80 %, il n'y a plus de corrélations entre les deux indices.

DISCUSSION

La présence de valeurs extrêmes dans les prises de capelan n'a pas d'influence sur la qualité de l'indice de dispersion qui est proposé dans la présente étude, puisque la variable de base est un indicateur binaire de présence et absence. Cette façon de procéder permet de mieux définir la structure spatiale de la zone d'étude. Par contre, le variogramme issu d'un indicateur binaire peut facilement être affecté pour des stations se retrouvant plus près les unes des autres. Dans le cas présent, de tels regroupements ont été observés en raison du plan d'échantillonnage aléatoire stratifié qui est généralement utilisé pour les relevés au chalutage de fond. L'utilisation de ce plan d'échantillonnage pourrait alors expliquer certaines des différences qui ont été observées entre l'indice proposé et les pourcentages d'occurrence.

Dans le cas présent, le krigeage ordinaire n'a pas été réalisé sur les prises (kg/trait) de capelan puisque ces dernières ne reflètent pas l'abondance réelle de l'espèce. L'engin de pêche utilisé n'est pas réellement approprié pour la capture du capelan de même que le relevé qui n'est pas dirigé sur cette espèce. Les captures de capelan sont plutôt considérées comme des prises accessoires représentant les probabilités de retrouver cette espèce à un endroit donné. De plus, ces prises accessoires se prêtent bien à l'utilisation du krigeage d'indicatrice qui permet alors de mesurer la dispersion de l'espèce.

La proportion de la zone d'étude associée à des probabilités élevées de présence du capelan varie grandement pour des probabilités supérieures à 95 % (Figure 7). Un indice de dispersion basé sur ces probabilités serait très variables pour certaines années, en particulier pour les années 1991 et 1994 où on a observé respectivement une diminution et une augmentation importante de la proportion de la zone d'étude. Contrairement aux pourcentages d'occurrence, le présent indice tient compte de la structure spatiale de la variable échantillonnée. Il permet aussi de représenter plus adéquatement la zone d'occurrence du capelan. Le krigeage d'indicatrice peut aussi être employé pour optimiser la valeur moyenne d'une variable (Isaaks et Srivastava 1989). Les probabilités associées à différents points de coupure sont alors déterminées pour chacune des positions krigées. La valeur de coupure qui correspond à une probabilité de 50 % est calculée à chacune de ces positions par lissage. Cette valeur représente la moyenne locale. La moyenne d'une variable pour l'ensemble d'une zone d'étude correspond alors à la moyenne de toutes les valeurs locales. Comme pour les pourcentages d'occurrence ou les poids moyens de la capture par trait, l'indice de dispersion des surfaces de probabilités doit être interprété avec prudence. Les prises de capelan proviennent d'un relevé au chalutage de fond dont la dynamique de pêche pour une espèce pélagique comme le capelan n'est pas très bien connue. Par contre, il serait très intéressant d'utiliser le krigeage d'indicatrice pour les espèces de fond qui sont directement visées par ce relevé.

REMERCIEMENTS

De très sincères remerciements sont exprimés à l'égard du Dr. Yvan Simard, de Jean-François Gosselin et de Guy Michaud pour la révision du document.

RÉFÉRENCES

Beaulieu, J.-L. 2001. Description de la pêche au capelan (*Mallotus villosus*) dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent (divisions 4RST) pour 1999 et 2000. Secrétariat canadien de consultation scientifique. Document de recherche 2001/048. 57 p.

BIOREX, 1988. Faisabilité de l'exploitation des euphausides dans l'ouest du golfe du Saint-Laurent. Programme de l'Est du Québec. 73 p.

Deutsch, C. V., et A. G. Journel. 1998. GSLIB Geostatistical Software Library and User's Guide. Second ed. Oxford University Press, N. Y. 369 p.

Grégoire, F., G. Poirier, G. Chouinard et C. Lévesque. 1997. Prises accessoires, débarquements et abondance du capelan (*Mallotus villosus*) dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Secrétariat canadien pour l'évaluation des stocks. Document de recherche 1997/122. 61 p.

Grégoire, F., C. Lévesque, G. Poirier, et C. LeBlanc. 1999. Prises et débarquements de capelan (*Mallotus villosus*) dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent en 1998. Secrétariat canadien pour l'évaluation des stocks. Document de recherche 1999/09. 84 p.

Isaaks, E.H., et R. M. Srivastava. 1989. An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press, N.Y. 561 p.

Jangaard, P.M. 1974. Le capelan (*Mallotus villosus*) : biologie, distribution, exploitation, utilisation et composition. Bull. Fish. Res. Board Can. 186F, 73 p.

Legendre, P., et M. J. Fortin. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. Vegetatio. 80 : 107-138.

Lilly, G. 1997. By-catch of capelin during spring and autumn bottom-trawl surveys in Division 2J3KL in 1996. p. 91-124 In : Science Branch. 1997. Capelin in SA2+DIV. 3KL. Canadian Stock Assessment Secretariat. Research Document 1997/29. 188 p.

Rivoirard, J., J. Simmonds, K.G. Foote, P. Fernandes et N. Bez. 2000. Geostatistics for estimating fish abundance. Blackwell Science, London. 206 p.

Robertson, G.P. 1998. GS$^+$: Geostatistics for the Environmental Sciences. Gamma Design Software. Plainwell, Michigan, USA. 152 p.

Smith, S. J., et G.D. Somerton. 1981. STRAP: A user-oriented computer analysis system for groundfish research trawl survey data. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1030 : iv + 66 p.

Tableau 1. Statistiques descriptives associées aux captures (kg/trait) de capelan des relevés réalisés dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2000.

ANNÉE	CAPTURE (kg / trait)				
	Nb. de Stations	Minimum	Moyenne	Maximum	Écart-Type
1990	190	0	4.2	444.9	34.7
1991	247	0	2.1	359.2	22.9
1992	239	0	5.6	625.6	48.8
1993	224	0	5.4	481.6	37.4
1994	188	0	2.6	333.3	24.5
1995	194	0	1.2	53.1	6.5
1996	231	0	13.7	1013.3	89.7
1997	198	0	6.0	707.7	54.4
1998	220	0	2.0	214.9	16.3
1999	239	0	4.5	806.3	52.2
2000	224	0	0.8	70.7	4.9

Tableau 2. Paramètres des variogrammes isotropiques annuels des relevés réalisés dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2000.

ANNÉE	EFFET DE PÉPITE C_0	PLATEAU $C_0 + C$	PORTÉE A_0 (km)	PAS h (km)	MODÈLE*	R^2	SRC**
1990	0.049	0.360	482	68.28	Sphérique	0.982	1.651E-03
1991	0.148	0.332	683	85.06	Sphérique	0.968	9.338E-04
1992	0.101	0.329	520	83.09	Sphérique	0.972	1.181E-03
1993	0.134	0.275	376	80.62	Sphérique	0.972	3.882E-04
1994	0.055	0.304	408	81.41	Sphérique	0.989	4.319E-04
1995	0.092	0.416	443	81.2	Exponentiel	0.988	5.822E-04
1996	0.086	0.293	620	73.19	Sphérique	0.976	9.943E-04
1997	0.115	0.255	116	78.08	Exponentiel	0.916	7.191E-04
1998	0.123	0.298	482	75.34	Sphérique	0.971	7.544E-04
1999	0.059	0.292	202	81.61	Exponentiel	0.964	1.199E-03
2000	0.082	0.216	339	64.73	Sphérique	0.970	3.716E-04

* Modèle sphérique: $$\gamma(h) = \begin{cases} 1.5\,\frac{h}{A_0} - 0.5\left(\frac{h}{A_0}\right)^3 & si\ h \le A_0,\ et\ 1\ autrement \end{cases}$$

Modèle exponentiel: $$\gamma(h) = 1 - \exp\left(-\frac{3h}{A_0}\right)$$

** Somme des résidus au carré

Tableau 3. Coefficients de corrélation de Pearson calculés entre les pourcentages d'occurrence et les indices de dispersion associés à différents seuils de probabilité minimale.

	PROBABILITÉS MINIMALES								
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
% OCCURRENCE	0.969	0.961	0.923	0.858	0.745	0.71	0.601	0.099*	0.324*

* $p > 0.05$

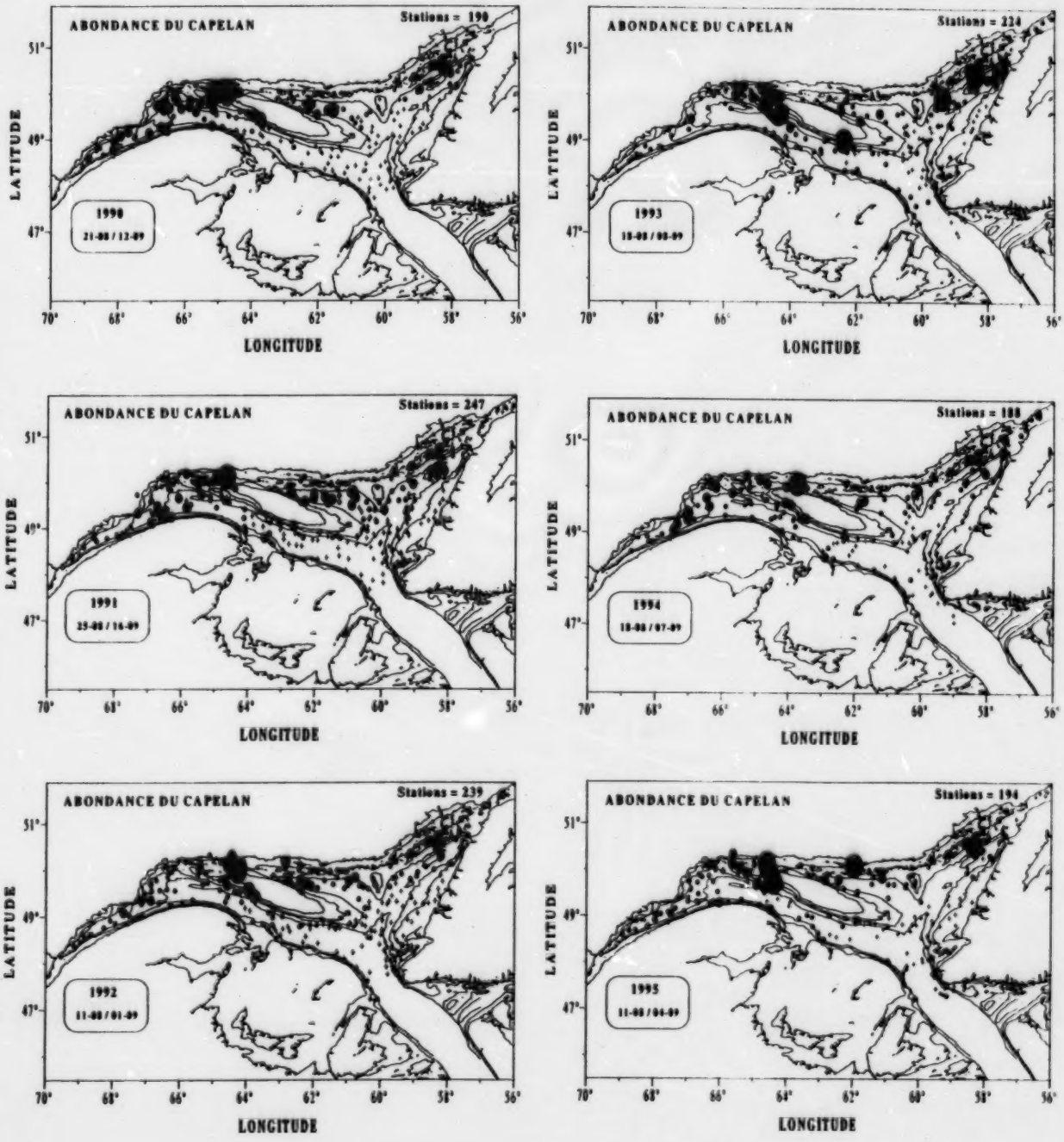


Figure 1. Captures annuelles de capelan (kg/trait) pour les relevés réalisés dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2000.

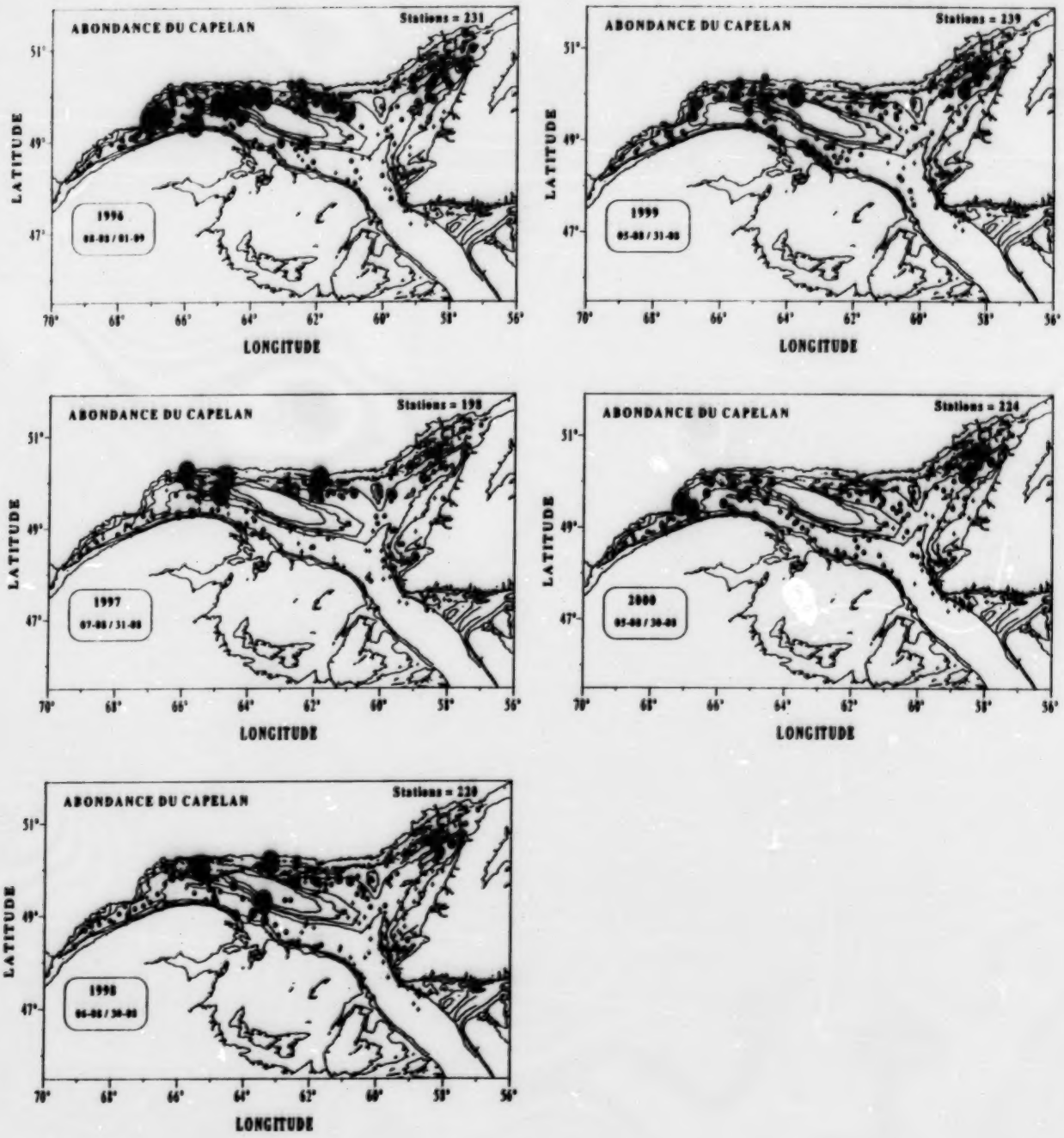


Figure 1. (Suite)

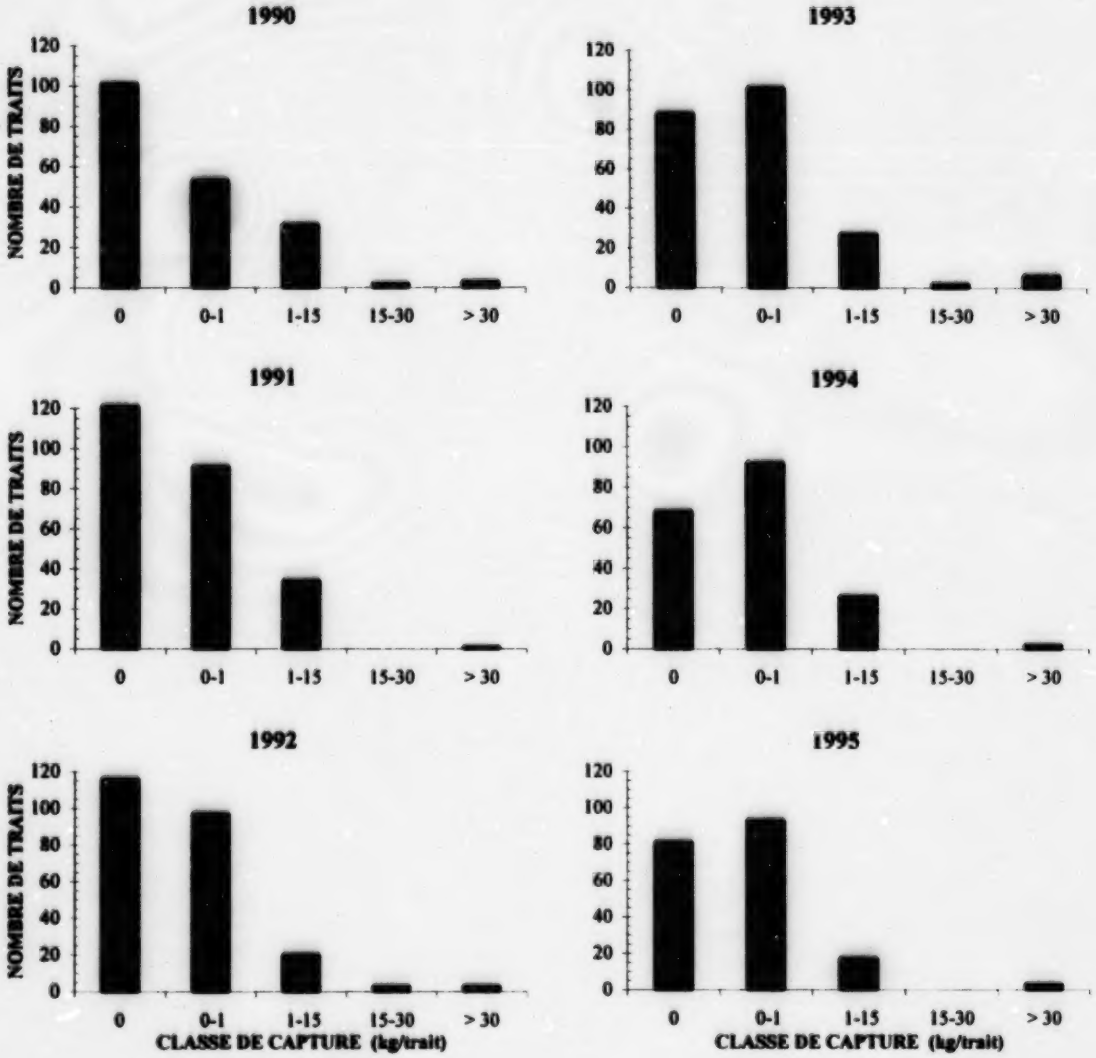


Figure 2. Histogrammes annuels de la distribution des captures (kg/trait) de capelan pour les relevés réalisés dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2000.

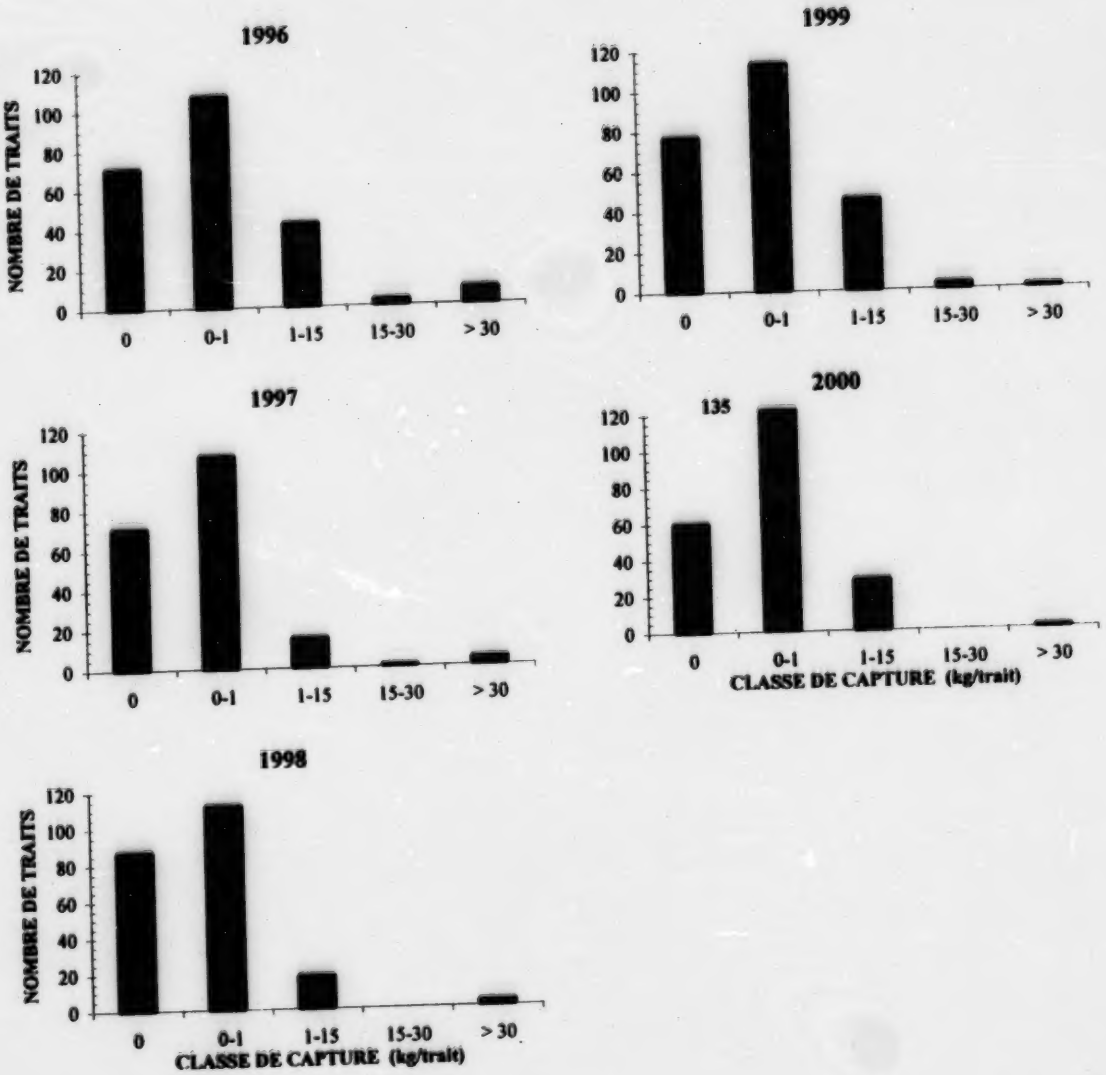


Figure 2. (Suite)

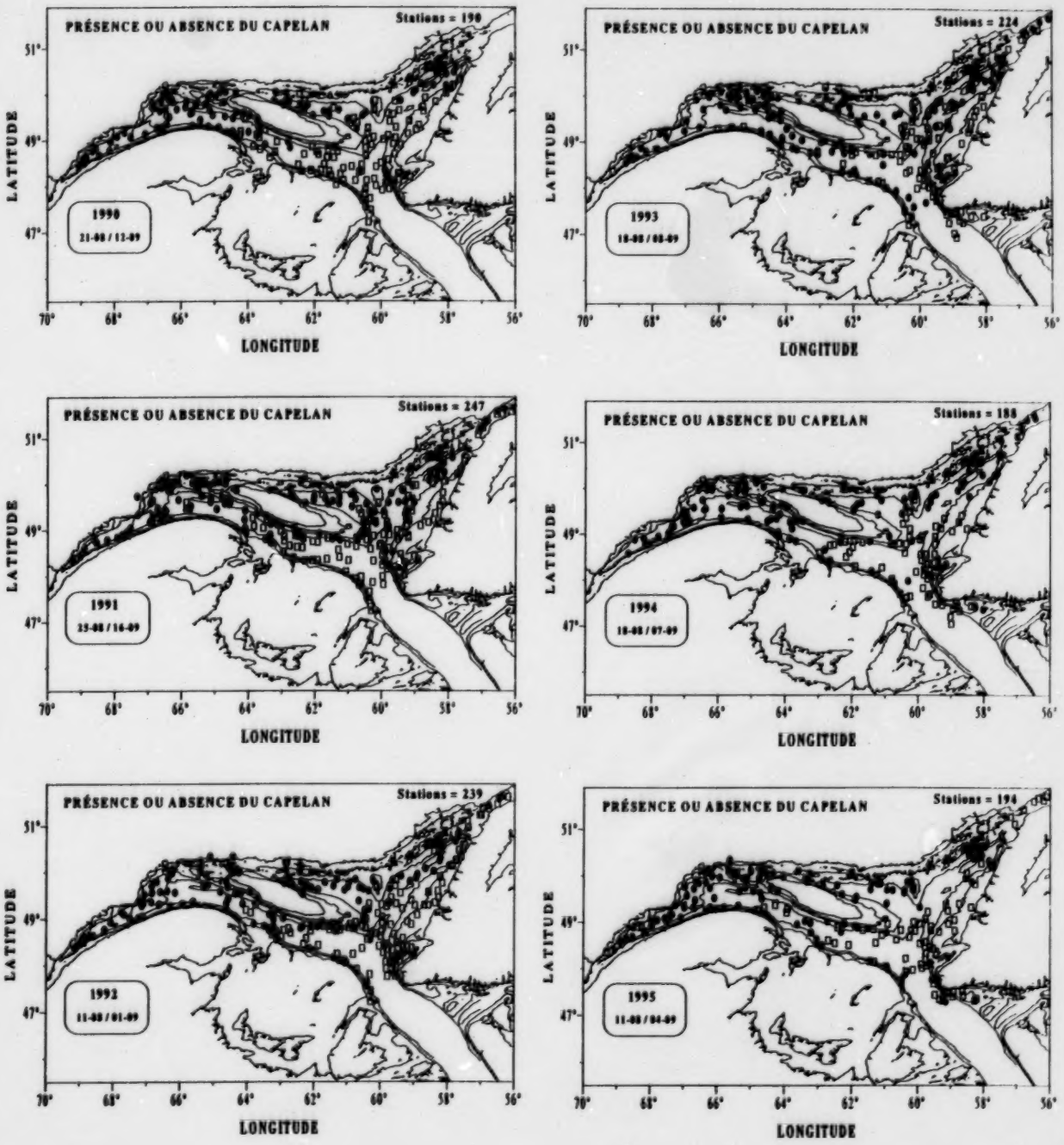


Figure 3. Présence ● ou absence □ de capelan dans les traits des relevés réalisés dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2000.

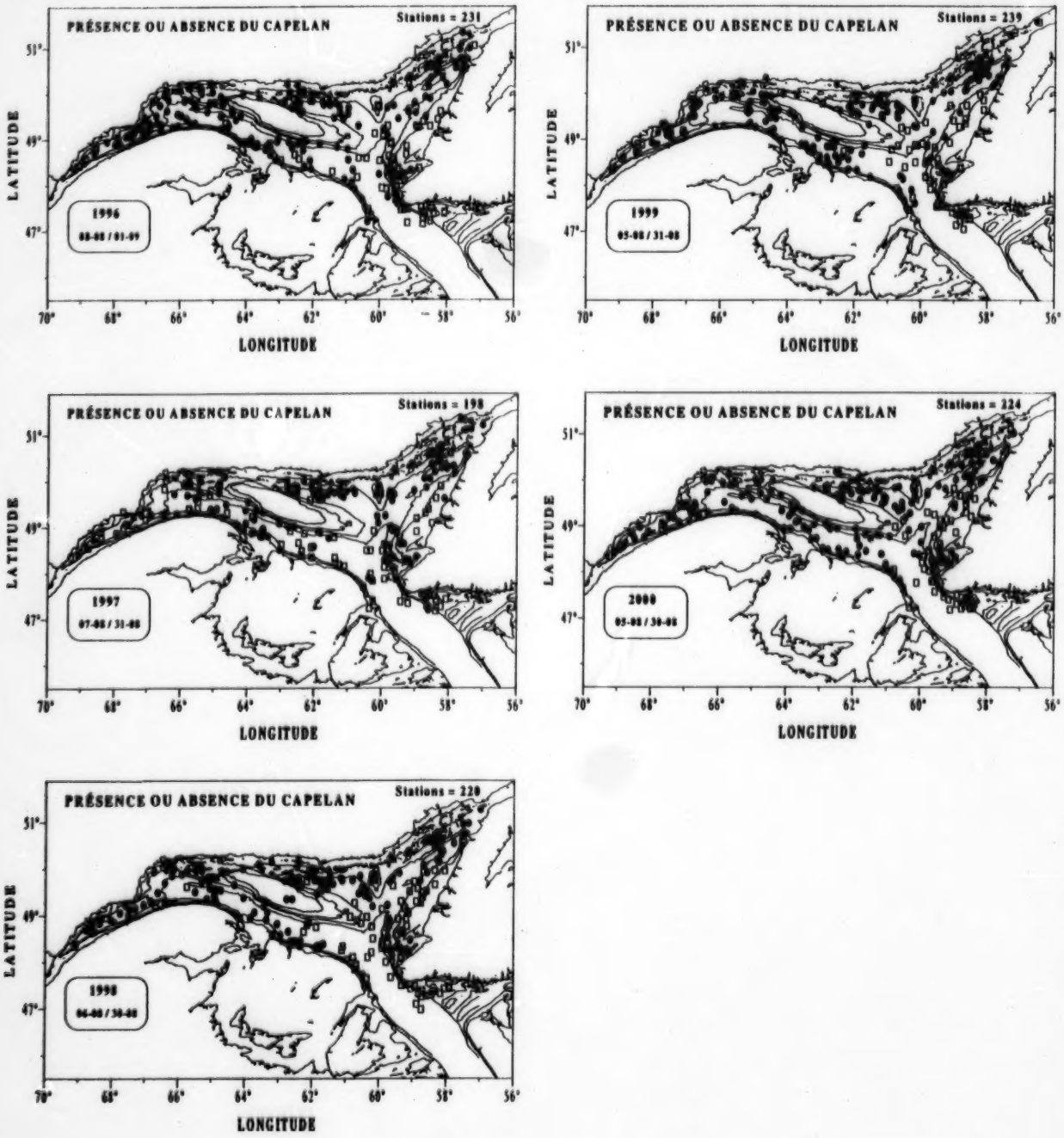


Figure 3. (Suite)

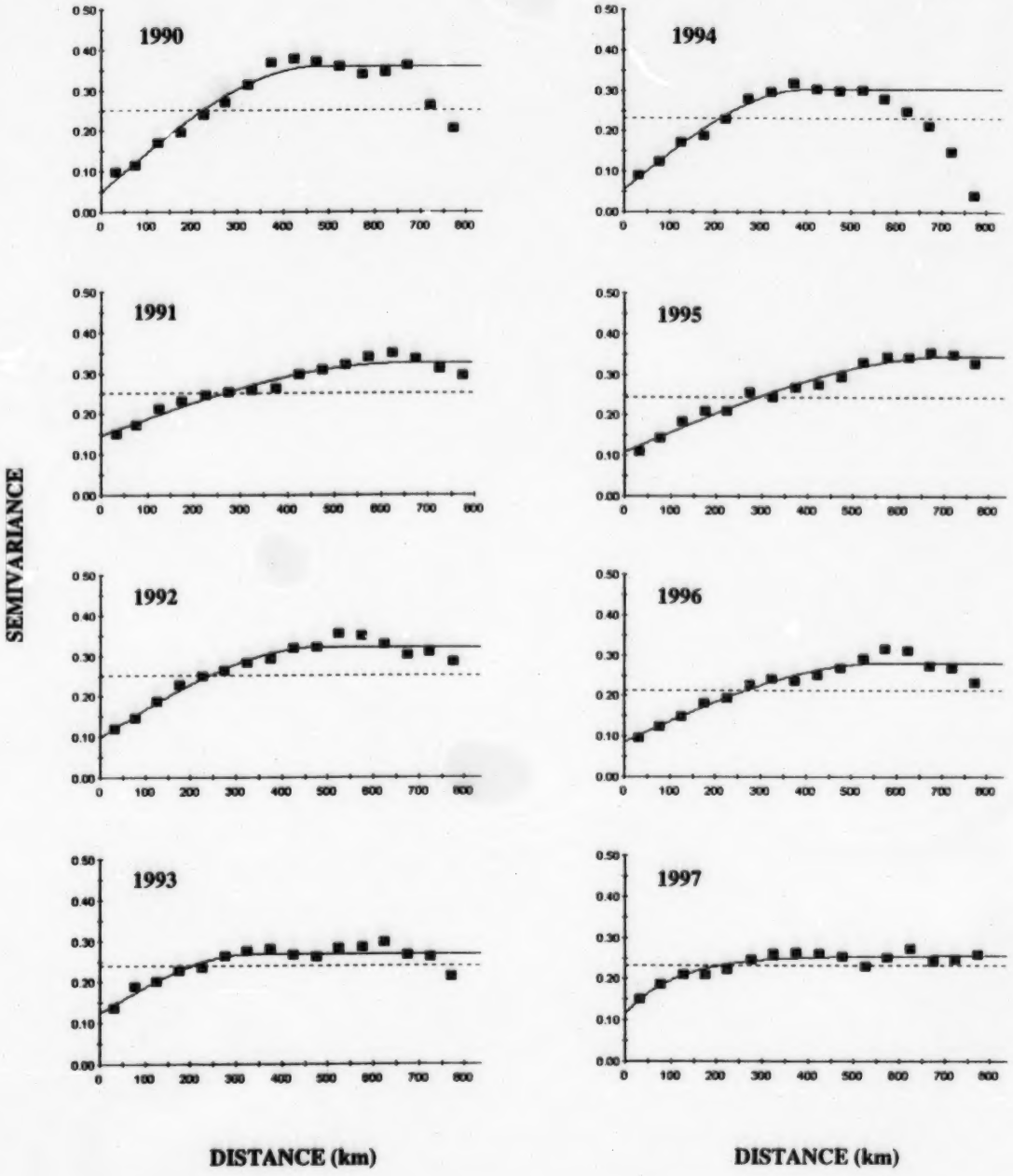


Figure 4. Variogrammes isotropiques annuels de la fonction indicatrice de présence/absence du capelan capturé lors des relevés réalisés dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2000 (la variance des données est représentée par la ligne horizontale pointillée).

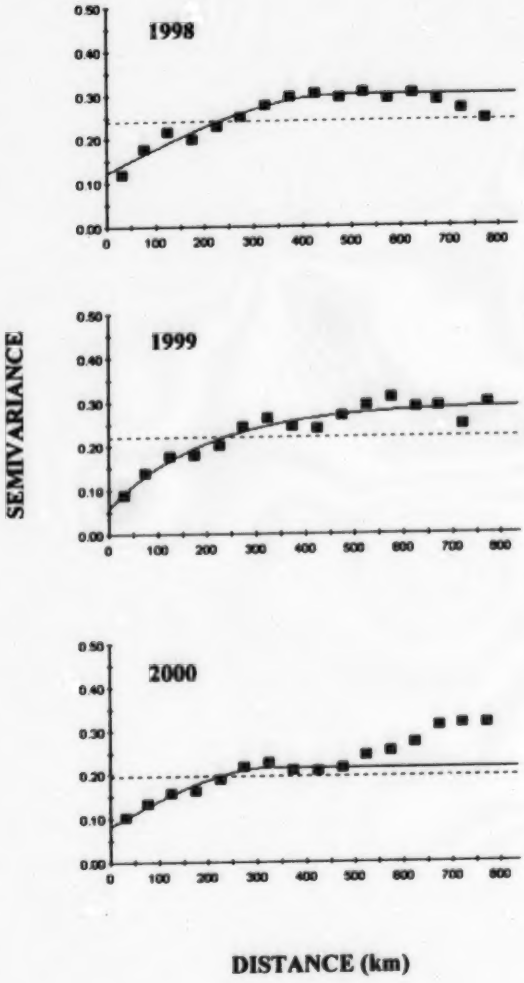


Figure 4. (Suite)

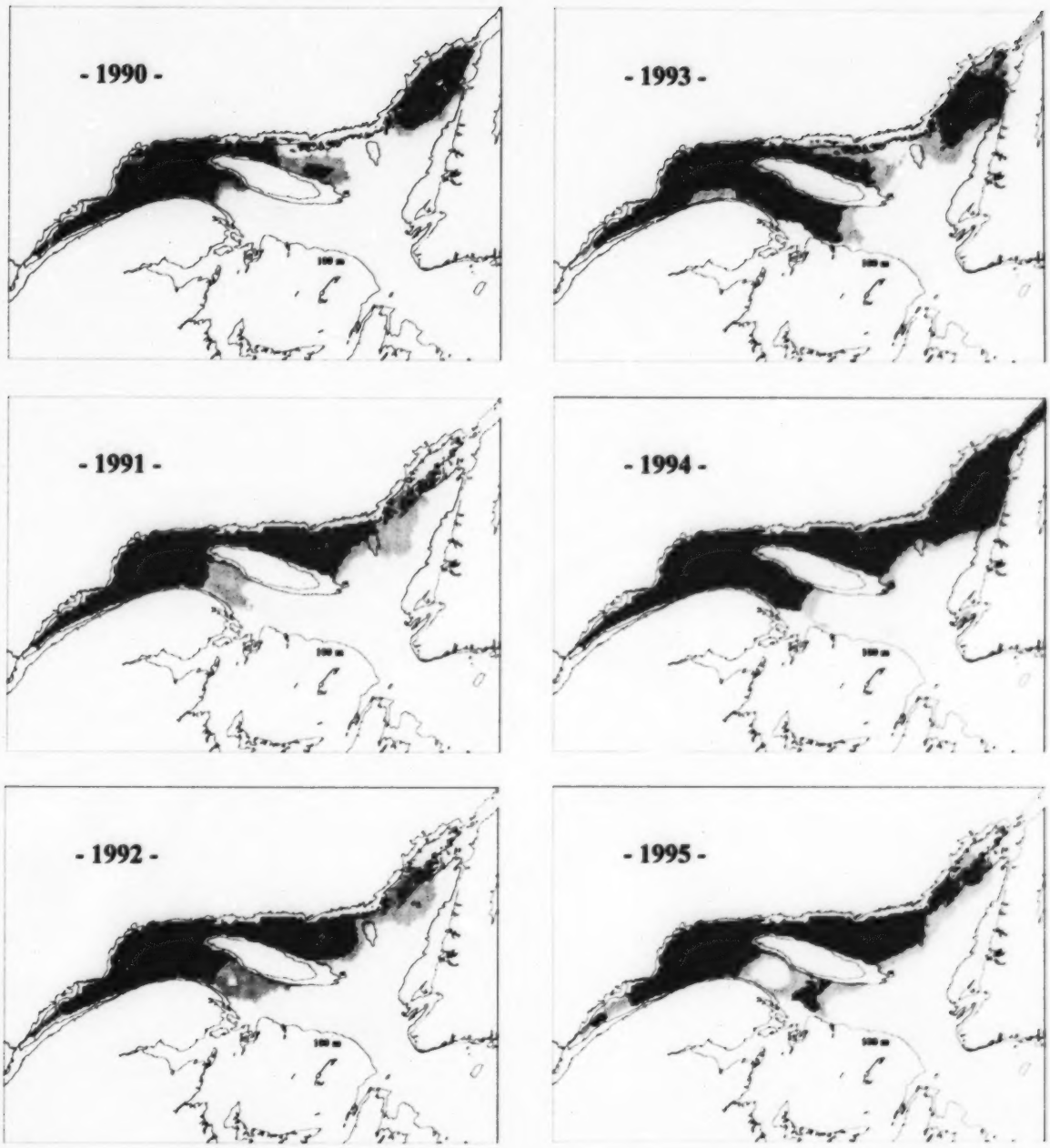


Figure 5. Contours des surfaces de probabilités (%) de la présence du capelan pour les relevés réalisés dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2000 (l'isobathe de 100 m est aussi indiqué).

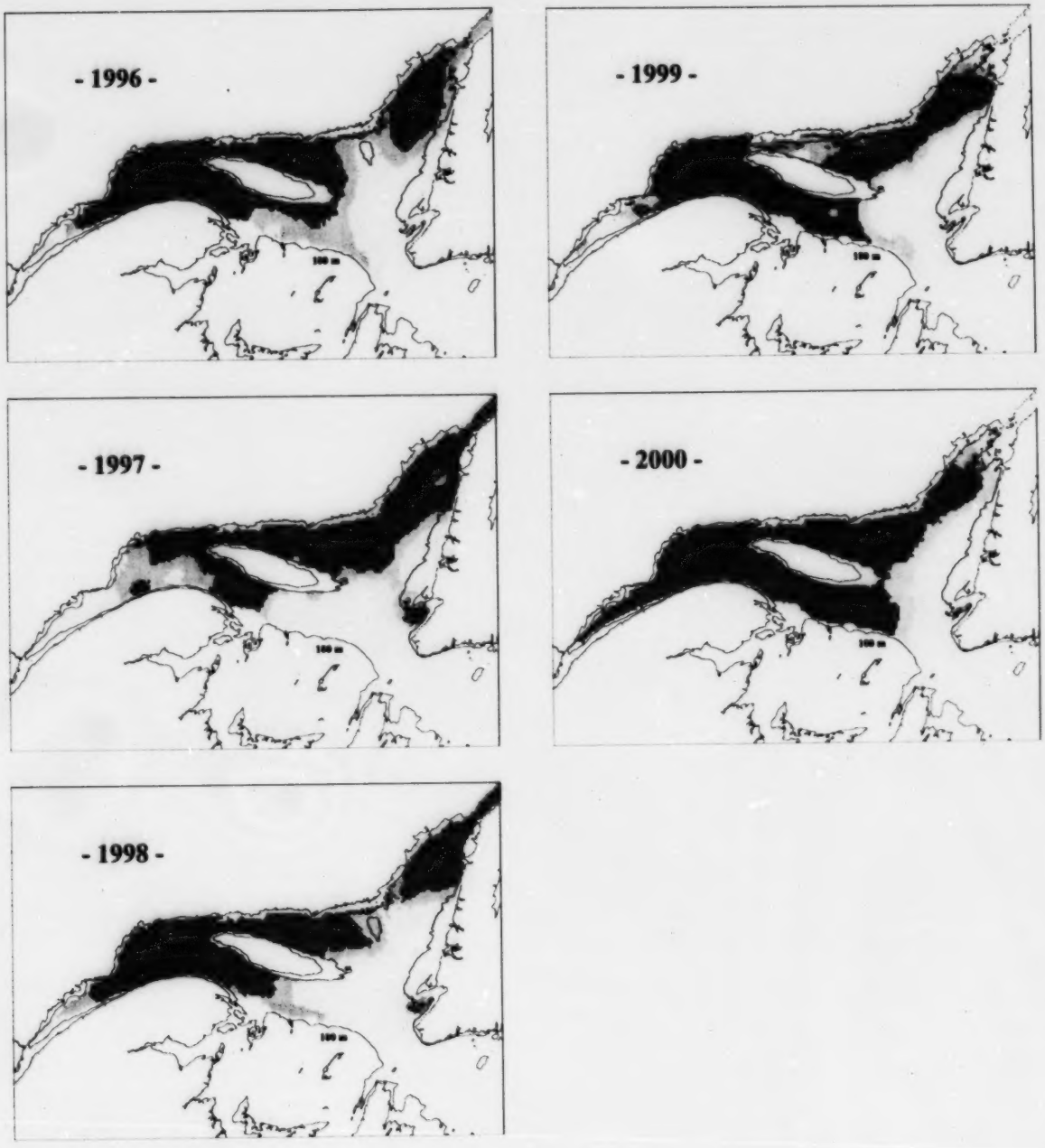


Figure 5. (Suite)

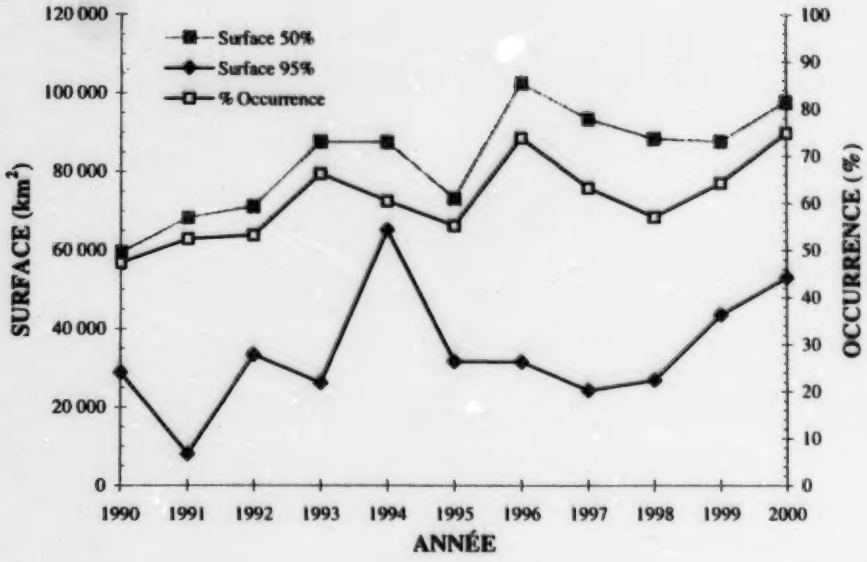


Figure 6. Surfaces (km^2) annuelles associées à des seuils de probabilité minimale de présence du capelan de 50 % et 95 % et pourcentages d'occurrence ajustés pour la surface des strates.

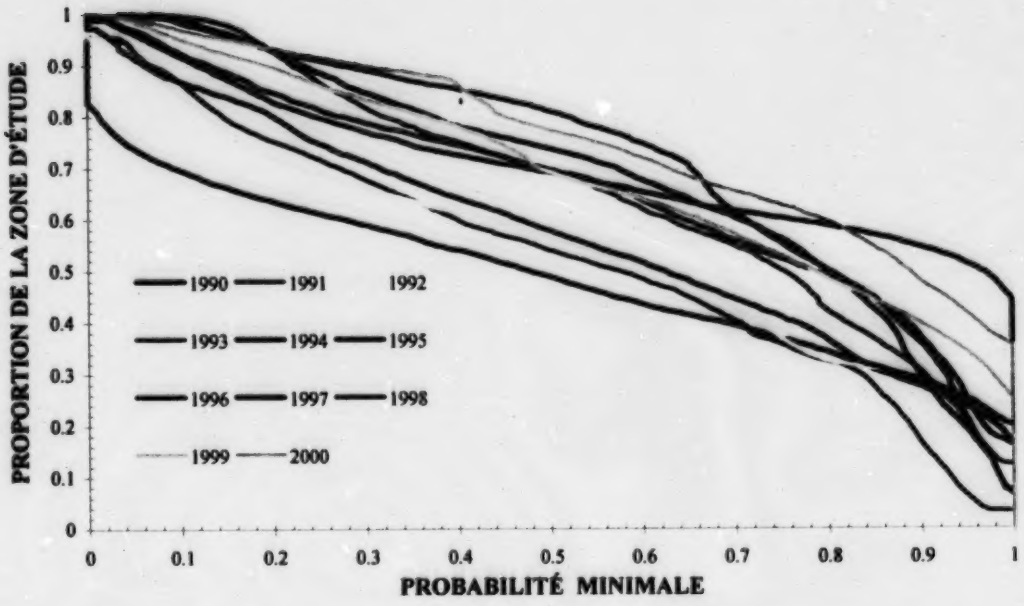
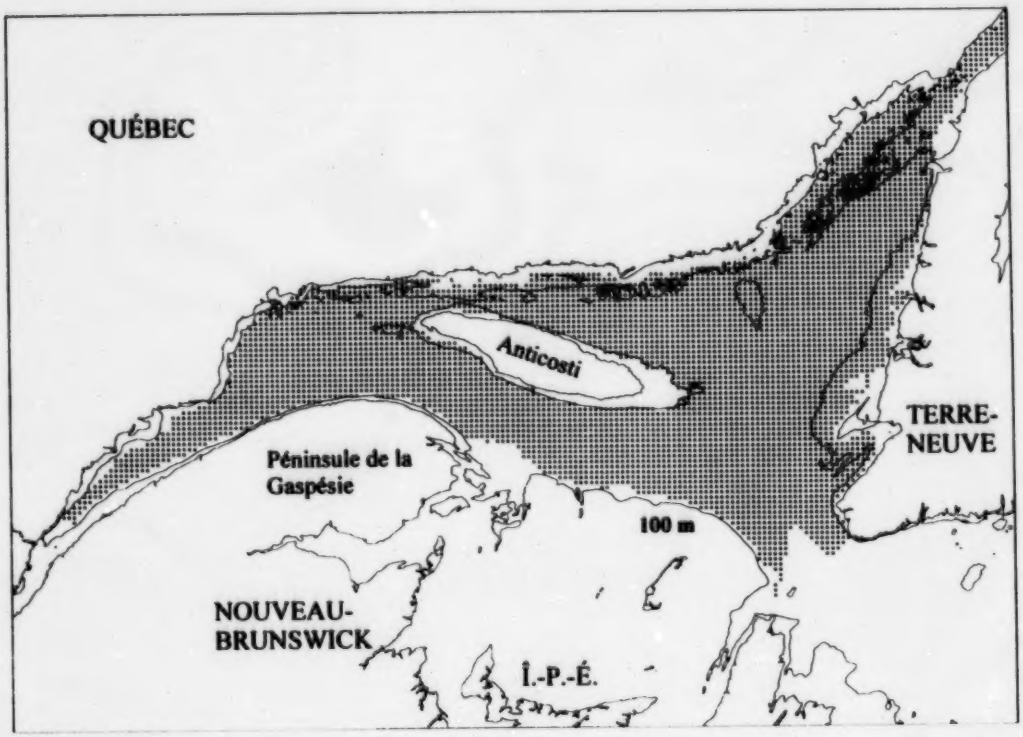


Figure 7. Proportions annuelles de la zone d'étude pour différents seuils de probabilité minimale d'observer du capelan.

Annexe 1. Position des points utilisés pour le krigeage d'indicatrice (l'isobathe de 100 m est aussi indiqué).